

94 P 8725



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 38 37 747 C 2

[7]

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 01 L 29/74  
H 01 L 31/111  
H 03 K 17/722

21 Aktenzeichen: P 38 37 747.0-33  
22 Anmeldetag: 7. 11. 88  
43 Offenlegungstag: 17. 5. 90  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 7. 97

DE 38 37 747 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

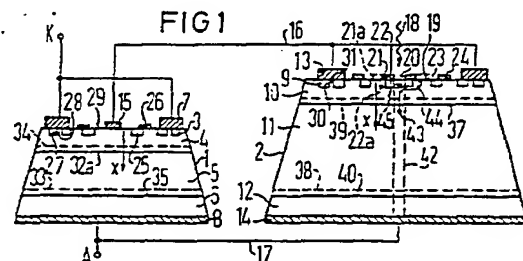
73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Schulze, Hans-Joachim, Dr., 85646 Anzing, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE-Z: Siemens Forsch.- und Entwickl.-Ber., Bd. 14,  
Nr. 2, 1985, S. 50-55;  
DE-Buch: HOFFMANN, A. und STOCKER, K.:  
Thyristor-Handbuch, Verlag Siemens AG, Berlin und  
München 1978, S. 27-28;

54 Halbleiterschalter mit einem Hauptthyristor und einem getrennten, lichtzündbaren Hilfsthystor

57 Halbleiterschalter mit einem Hauptthyristor (1) und einem getrennten, lichtzündbaren Hilfsthystor (2), bei dem die erste Hauptelektrode (13) des Hilfsthystors (2) mit der Gateelektrode (15) des Hauptthyristors (1) und die zweite Hauptelektrode (14) des Hilfsthystors (2) mit der entsprechenden Hauptelektrode (8) des Hauptthyristors (1) verbunden ist, und bei dem eine lichtempfindliche Gatestruktur in den Hilfsthystor (2) integriert ist, bestehend aus einem in die erste Basisschicht (10) desselben eingefügten, zu dieser entgegengesetzt dotierten Halbleitergebiet (22) und aus einer das letztere randseitig überdeckenden, leitenden Belegung (21), die eine den lichtempfindlichen Bereich (42) definierende Ausnehmung (20) aufweist und in Richtung auf den mit der ersten Hauptelektrode (13) versehenen ersten Emitter (9) so weit verlängert ist, daß sie den pn-Übergang zwischen dem Halbleitergebiet (22) und der ersten Basisschicht (10) leitend überbrückt, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Basisschicht (11) des Hilfsthystors (2), die an den mit der zweiten Hauptelektrode (14) desselben versehenen Emitter (12) angrenzt, eine kleinere Dotierungskonzentration und eine größere Schichtdicke aufweist als die zweite Basisschicht (5) des Hauptthyristors (1), die an den mit der zweiten Hauptelektrode (8) desselben versehenen Emitter (8) angrenzt, und daß die lateralen Abmessungen (22a) des Halbleitergebiets (22) so getroffen sind, daß sie gegenüber denjenigen lateralen Abmessungen, die bei einander angeglichenen Dotierungskonzentrationen der zweiten Basisschichten (5, 11) von Haupt- und Hilfsthystor (1, 2) eine einheitliche  $dU/dt$ -Stabilität beider Thyristoren ergeben, um solche Beträge vergrößert sind, daß die infolge der angegebenen Unterschiedlichkeit der Dotierungskonzentrationen der zweiten Basisschichten (5, 11) hervorgerufene Erhöhung der  $dU/dt$ -Stabilität des Hilfsthystors (2) wieder entfällt.



DE 38 37 747 C 2

Die Erfindung bezieht sich auf einen Halbleiterschalter mit einem Hauptthyristor und einem lichtzündbaren Hilfsthystor nach den gleichlautenden Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 2.

Ein solcher Halbleiterschalter ist aus den Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichten, Bd. 14 (1985) Nr. 2, S. 50—55, insbesondere Fig. 1b und 2a, bekannt. Dabei ist die kathodenseitige Elektrode des lichtzündbaren Hilfsthystors mit der Gateelektrode des Hauptthyristors und die anodenseitige Elektrode des Hilfsthystors mit der anodenseitigen Elektrode des Hauptthyristors verbunden. Der Hilfsthystor dient lediglich zur Versorgung des elektrisch zündbaren Hauptthyristors mit dem erforderlichen Zündstrom und schaltet sich nach erfolgter Zündung des Hauptthyristors ab.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Halbleiterschalter der eingangs angedeuteten Art anzugeben, der eine erhöhte Zündempfindlichkeit aufweist, ohne daß hierdurch die kritische Spannungsteilheit  $dU/dt$  des Hilfsthystors verringert wird. Unter der kritischen Spannungsteilheit wird jene Anstiegsgeschwindigkeit einer der Thyristoren des Halbleiterschalters in Vorwärtsrichtung beaufschlagenden Blockierspannung  $U$  verstanden, bei der eine unerwünschte Zündung des Hilfs- und damit des Hauptthyristors eintritt. Die genannte Aufgabe wird durch eine Ausbildung des Halbleiterschalters nach dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 oder des Patentanspruchs 2 gelöst.

Der mit der Erfindung erzielbare Vorteil liegt insbesondere darin, daß die Erhöhung der Zündempfindlichkeit des Hilfsthystors, die durch eine Erhöhung der lateralen Abmessungen der lichtempfindlichen Gatestruktur erreicht wird, wegen der unterschiedlichen Dotierungskonzentrationen in den zweiten Basisschichten des Haupt- und Hilfsthystors in Verbindung mit der Vergrößerung der Schichtdicke der zweiten Basisschicht des Hilfsthystors oder der Einfügung einer Stopzone keinen negativen Einfluß auf die kritische Spannungsteilheit  $dU/dt$  des Hilfsthystors und auf die Sperrfähigkeit des Halbleiterschalters in Vorwärtsrichtung hat.

Die Ansprüche 3 bis 7 sind auf bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung gerichtet.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 2 Feldstärkeverteilungen in den mittleren Schichten des Haupt- und Hilfsthystors nach Fig. 1 und

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 1 zeigt einen aus einem Hauptthyristor 1 und einem getrennten Hilfsthystor 2 bestehenden Halbleiterschalter in schematischer Darstellung. Dabei weist der Hauptthyristor 1 einen dotierten Halbleiterkörper aus Silizium mit vier aufeinanderfolgenden Schichten alternierender Leitungstypen auf. Diese bestehen im einzelnen aus einem n-Emitter 3, einer p-Basisschicht 4, einer n-Basisschicht 5 und einem p-Emitter 6. Der n-Emitter 3 wird von einer mit einem Anschluß K versehenen, ersten Hauptelektrode 7 kontaktiert, der p-Emitter 6 von einer zweiten Hauptelektrode 8, die mit einem Anschluß A versehen ist. Bei den genannten Leitungstypen der Emitter 3 und 6 handelt es sich bei der ersten Hauptelektrode 7 um die kathodenseitige Elektrode und bei der zweiten Hauptelektrode 8 um die anoden-

seitige Elektrode des Hauptthyristors 1.

Der Hilfsthystor 2 besteht ebenfalls aus einem dotierten Halbleiterkörper aus Silizium mit vier aufeinanderfolgenden Schichten alternierender Leitungstypen, die einen n-Emitter 9, eine p-Basisschicht 10, eine n-Basisschicht 11 und einen p-Emitter 12 darstellen. Der n-Emitter 9 wird von einer ersten Hauptelektrode 13 kontaktiert, der p-Emitter 12 von einer zweiten Hauptelektrode 14. Wegen der genannten Leitungstypen der Emitter 9 und 12 handelt es sich bei der ersten Hauptelektrode 13 um die kathodenseitige Elektrode und bei der zweiten Hauptelektrode 14 um die anodenseitige Elektrode des Hilfsthystors 2.

Der elektrisch zündbare Hauptthyristor 1 besitzt eine p-Basisschicht 4 kontaktierende Gateelektrode 15, die mit der ersten Hauptelektrode 13 des Hilfsthystors 2 über eine Leitung 16 verbunden ist. Der Anschluß A der zweiten Hauptelektrode 8 des Hauptthyristors 1 ist über eine Leitung 17 mit der zweiten Hauptelektrode 14 des Hilfsthystors 2 verbunden. Der Hilfsthystor 2 wird mittels Lichtstrahlen 18 gezündet, die insbesondere über einen nicht dargestellten Lichtleiter zugeführt werden und die erste Hauptfläche des Hilfsthystors 2 im Bereich einer Ausnehmung 20 einer leitenden Belegung 21 treffen. Letztere kontaktiert den Hilfsthystor im Bereich seiner ersten Hauptfläche 19 so, daß sie ein n-leitendes Halbleitergebiet 22, das in die p-Basisschicht 10 eingefügt ist, randseitig überdeckt und zugleich den in der ersten Hauptfläche 19 liegenden Rand des pn-Übergangs, der das Gebiet 22 von der p-Basisschicht 10 trennt, leitend überbrückt. Die Ausnehmung 20 befindet sich über einem zentralen Teil des Halbleitergebiets 22. Die Teile 20 bis 22 bilden eine lichtempfindliche Gatestruktur, wie sie als solche bereits aus den Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichten, Bd. 14 (1985) Nr. 2, S. 52, Fig. 2a, bekannt ist.

Ein weiteres n-leitendes Halbleitergebiet 23 ist mit einer leitenden Belegung 24 versehen, die einen Teil des Gebiets 23 kontaktiert und in Richtung auf den n-Emitter 9 soweit verlängert ist, daß sie auch den angrenzenden Teil der p-Basis 10 in der Hauptfläche 19 kontaktiert und somit den pn-Übergang zwischen den Teilen 23 und 10 leitend überbrückt. Die Teile 23 und 24, die auch als amplifying-gate-Struktur bezeichnet werden, dienen zur inneren Zündverstärkung. Hierzu sei auf das Thyristor-Handbuch von A. Hoffmann und K. Stocker, Verlag Siemens AG, Berlin und München, 1976, S. 27 und 28, insbesondere Bild 6.1a hingewiesen, in dem eine solche Struktur beschrieben ist.

Eine in analoger Weise aufgebaute amplifying-gate-Struktur ist in den Hauptthyristor 1 integriert. Sie besteht aus einem n-leitenden Halbleitergebiet 25, das in den Teil der p-Basisschicht 4 eingefügt ist, der zwischen der Gateelektrode und der ersten Hauptelektrode 7 liegt, und aus einer leitenden Belegung 26, die das Gebiet 25 kontaktiert und so weit in Richtung auf den n-Emitter 3 verlängert ist, daß sie auch den an das Gebiet 25 angrenzenden Teil der p-Basisschicht 4 kontaktiert, so daß der pn-Übergang zwischen 25 und 4 leitend überbrückt ist.

Mit 27 sind Ausnehmungen des n-Emitters 3 bezeichnet, die durch Ansätze 28 der p-Basisschicht 4 ausgefüllt werden. Letztere erstrecken sich bis zur Hauptfläche 29 des Hauptthyristors 1 und werden in dieser von der ersten Hauptelektrode 7 kontaktiert. Die Teile 27, 28 stellen somit feste Emitter-Basis-Kurzschlüsse dar, die die Stabilität des Thyristors 1 gegenüber unbeabsichtigten Zündvorgängen, die beim schnellen Ansteigen einer

bei A und K anliegenden Blockierspannung auf hohe Werte einsetzen können, erhöhen. Entsprechend aufgebauete, feste Emitter-Basis-Kurzschlüsse des Hilfsthystors 2 bestehen aus Ausnehmungen 30 des n-Emitters 9, die durch Ansätze 31 der p-Basis 10 ausgefüllt werden.

Die Dotierungskonzentration  $n_{11}$  der n-Basisschicht 11 des Hilfsthystors 2 wird wesentlich kleiner gewählt als die Dotierungskonzentration  $n_5$  der n-Basisschicht 5 des Hauptthystors 1. Beispielsweise kommt für  $n_{11}$  ein Wert von  $5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$  in Betracht, wenn  $n_5$  etwa  $3 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  beträgt. Damit besteht die Basisschicht 11 aus relativ hochohmigem Halbleitermaterial von z. B. 1000 Ohm/cm. Um hierbei die Sperrfähigkeit des Hilfsthystors in Vorwärtsrichtung gegenüber der des Hauptthystors nicht zu verschlechtern, wird die Schichtdicke der Basisschicht 11 wesentlich größer bemessen als die der Basisschicht 5.

Zur Erläuterung dieser Zusammenhänge sei auf Fig. 2 verwiesen, die die unterschiedliche Ausdehnung von Raumladungszonen im Haupt- und Hilfsthystor erkennen läßt, welche sich jeweils unter dem Einfluß einer bestimmten Blockierspannung am inneren pn-Übergang zwischen beiden Basisschichten aufbauen. Betrachtet man zunächst den Hauptthystor 1 und trägt in Fig. 2 in Richtung der Ordinatenachse jeweils die Werte der elektrischen Feldstärke E für alle Orte auf, die auf einer senkrecht zur Hauptfläche 29 verlaufenden Geraden liegen, wobei auf der Abszissenachse jeweils ihre Entfernung x von der Hauptfläche 29 angegeben ist, so ergibt sich ein Feldstärkeverlauf 32. Dabei wird dem Abstand des pn-Übergangs 32a von der Hauptfläche 29, der mit  $x_1$  bezeichnet ist, eine maximale Feldstärke  $E_1$  zugeordnet. Die Entfernungen  $x_2$  und  $x_3$ , denen die Feldstärke 0 zugeordnet ist, entsprechen dem unteren Rand 33 und dem oberen Rand 34 der Raumladungszone am pn-Übergang 32a. Die unter den Linien 32 liegende Fläche entspricht dabei dem Wert der anliegenden Blockierspannung. Bezeichnet man die Entfernung des pn-Übergangs 35 mit  $x_4$ , so erkennt man, daß eine Erhöhung der Blockierspannung auf einen Wert, bei dem  $x_2$  bis auf einen kleinen Restbetrag die Entfernung  $x_4$  erreicht, zur Zündung des Thyristors führt. Dabei wird der Restbetrag durch den Stromverstärkungsfaktor  $\alpha_{np}$  bestimmt. Der die Sperrfähigkeit in Vorwärtsrichtung bestimmende Wert der Blockierspannung wird auch als Kippspannung (break over voltage) bezeichnet.

Für den Hilfsthystor 2 ergibt sich wegen der wesentlich niedrigeren Dotierungskonzentration der Basisschicht 11 innerhalb dieser Basisschicht ein wesentlich flacherer Feldstärkeverlauf 36. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Abstand des pn-Übergangs 37 von der Hauptfläche 19 ebenfalls  $x_1$  beträgt.

Da die Fläche unter den Linien 36 wegen der gleichen Blockierspannung wie beim Hauptthystor 1 der Fläche unter den Linien 32 entspricht, schneidet die rechte Linie 36 die Abszissenachse erst in einer Entfernung  $x_5$ . Die maximale Feldstärke  $E_1'$  ist wesentlich kleiner als  $E_1$ , während der Feldstärkeabfall von  $E_1'$  nach links bis zum Punkt  $x_6$  mit gleicher Steilheit erfolgt wie der Abfall längs der linken Linie 32.  $x_5$  entspricht dem unteren Rand 38 und  $x_6$  dem oberen Rand 39 der sich am pn-Übergang 37 ausbildenden Raumladungszone. Soll die Vorwärts-Sperrfähigkeit des Hilfsthystors 2 der des Hauptthystors 1 gleichkommen, so muß der pn-Übergang 40 zwischen der Basisschicht 11 und dem Emitter 12 etwa eine Entfernung  $x_7$  von der Hauptfläche 19 aufweisen. Hieraus ergibt sich für die Basisschicht 11 des Hilfsthystors eine wesentlich größere Schichtdicke als

für die Basisschicht 5 des Hauptthystors.

Die in Fig. 1 mit ausgezogenen Linien dargestellten lateralen Abmessungen des Halbleitergebiets 22 sind so gewählt, daß sich unter der Annahme, daß die Dotierungskonzentration der n-Basisschicht 11 der Dotierungskonzentration der n-Basisschicht 5 entspricht, beim Hilfsthystor 2 eine dU/dt-Stabilität ergibt, die der des Hauptthystors 1 gleichkommt. Unter dieser Annahme ist also die kritische Spannungssteilheit dU/dt für beide Thyristoren 1 und 2 bei einer lateralen Ausdehnung des Halbleitergebiets 22 entsprechend den ausgezogenen Linien gleich groß. Durch die tatsächlich vorgenommene Verringerung der Dotierungskonzentration der n-Basisschicht 11 des Hilfsthystors 2 gegenüber der Dotierungskonzentration der n-Basisschicht 5 des Hauptthystors 1 wird jedoch die dU/dt-Stabilität des Hilfsthystors 1 wesentlich erhöht, weil die durch eine bestimmte dU/dt-Belastung ausgeräumte Ladung im Hilfsthystor wesentlich geringer ist als im Hauptthystor. Damit wäre der Hilfsthystor 2 bei einer Beibehaltung der bisher beschriebenen Abmessungen des Halbleitergebietes 22 bezüglich seiner dU/dt-Stabilität an den Hauptthystor 1 nicht mehr angepaßt. Angesichts dieser Fehlanpassung kann man aber mit besonderem Vorteil eine weitere Maßnahme treffen, durch die die kritische Spannungssteilheit des Hilfsthystors wieder auf den entsprechenden Wert des Hauptthystors abgesenkt wird, also die dU/dt-Fehlanpassung des Hilfsthystors beseitigt wird, und gleichzeitig die Zündempfindlichkeit des Hilfsthystors 2 wesentlich erhöht wird. Diese Maßnahme besteht darin, die lateralen Abmessungen des Halbleitergebietes 22 auf die gestrichelt gezeichneten Abmessungen 22a zu erhöhen, was auch eine entsprechende Verlängerung der leitenden Belegung 21 auf die gestrichelt angedeuteten Ränder 21a erforderlich macht.

Zum besseren Verständnis des hierdurch erzielten technischen Effekts sei darauf hingewiesen, daß die auftretenden Lichtstrahlen 18 in einem unterhalb der Ausnehmung 20 liegenden lichtempfindlichen Bereich 42 zu einer Trägerpaarbildung führen. Dabei werden die auftretenden positiven Ladungsträger bzw. Löcher 43 zunächst in etwa vertikaler Richtung in die Nähe des pn-Übergangs zwischen dem Gebiet 22a und der p-Basis-schicht 10 und sodann entlang der unteren und seitlichen Begrenzungsflächen des Gebiets 22a zur leitenden Belegung 21a transportiert. Der Weg 44, auf dem die positiven Ladungsträger 43 transportiert werden, ist wegen der Ausdehnung der Abmessungen des Gebiets 22 und der Belegung 21 auf die lateralen Grenzen 22a und 21a wesentlich größer als das ohne diese Erweiterungen der Fall wäre. Wegen des hierdurch vergrößerten Widerstandes längs des Weges 44 wird ein größerer Spannungsabfall erzeugt, der den pn-Übergang zwischen den Teilen 22 und 10 etwa an der mit 45 bezeichneten Stelle soweit positiv vorspannt, daß der Hilfsthystor dort zündet. Dabei erfolgt die Zündung wegen der erweiterten lateralen Begrenzungen 22a und 21a bei einer einfallenden Lichtmenge, die wesentlich kleiner ist als die, die bei lateralen Begrenzungen 22 und 21 zur Zündung erforderlich wäre. Die Teile 22a, 10, 11 und 12 bilden einen integrierten Hilfsthystor, dessen Strom über die leitenden Belegung 21a dem Gebiet 10 zugeführt wird. Dieses bildet mit den Schichten 23, 11 und 12 einen zweiten integrierten Hilfsthystor, dessen Strom über die Belegung 24 dem pn-Übergang zwischen dem n-Emitter 9 und der p-Basisschicht 10 zugeführt und den aus den Teilen 9, 10, 11 und 12 bestehenden Thyristor zündet.

Nach erfolgter Zündung werden die über die Belegungen 21a und 24 verlaufenden Strompfade wieder abgeschaltet. Der nun zwischen den Hauptelektroden 14 und 13 fließende Laststrom des Hilfsthystors 2 wird der Zündelektrode 15 des Hauptthystors 1 als Zündstrom

zugeführt und zündet diesen in herkömmlicher Weise. Die Lebensdauer der Ladungsträger in den mittleren Schichten des Hilfsthystors 2 wird zweckmäßigerweise höher gewählt als die Lebensdauer der Ladungsträger in den mittleren Schichten des Hauptthystors 1, um eine weitere Steigerung der Zündempfindlichkeit des Hilfsthystors zu erzielen. Dies geschieht dadurch, daß eine zusätzliche Golddotierung der Basisschichten oder eine Bestrahlung mit Elektronenstrahlen, die beim Hauptthystor 1 wegen der Einstellung der Freiwerdzeit und Speicherladung vorgenommen wird, beim Hilfsthystor entfällt. Eine höhere Lebensdauer der Ladungsträger in der Basisschicht 11 bedeutet eine entsprechende Erhöhung des Stromverstärkungsfaktors  $\alpha_{pnp}$  des Hilfsthystors 2.

Fig. 3 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel der Erfindung, das sich von Fig. 1 dadurch unterscheidet, daß der Hilfsthystor 2 eine n-Basisschicht 46 aufweist, deren Schichtdicke der n-Basisschicht 5 des Hauptthystors 1 entspricht. Im übrigen sind die bereits anhand von Fig. 1 beschriebenen Teile, die auch bei dem Halbleiterschalter nach Fig. 3 vorhanden sind, mit denselben Bezugszeichen versehen wie in Fig. 1. Da die Dotierungskonzentration der n-Basisschicht 46 genauso niedrig ist wie die der n-Basisschicht 11, muß die Vorwärts-Sperrfähigkeit des Hilfsthystors 2 in Fig. 3 durch Einfügung einer  $n^+$ -dotierten Stopzone 47 in den Teil der Basisschicht 46, der unmittelbar an den p-Emitter 12 angrenzt, so weit erhöht werden, daß sie die Vorwärts-Sperrfähigkeit des Hauptthystors 1 erreicht. Die Dotierungskonzentration der Stopzone 47 beträgt im Ausführungsbeispiel  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$ .

Für den nach Fig. 3 ausgebildeten Hilfsthystor 2 ergibt sich beim Anlegen einer Blockierspannung ein Feldstärkeverlauf 48, der in Fig. 2 gestrichelt eingetragen ist. Ordnet man dem pn-Übergang 37 zwischen den Schichten 10 und 46 den Punkt  $x_1$  und der Grenzfläche 49 zwischen der Stopzone 47 und dem übrigen Teil der Schicht 46 den Punkt  $x_8$  auf der Abszissenachse in Fig. 2 zu, so erkennt man, daß der Verlauf der Feldstärke von einem maximalen Wert  $E_1$  bei  $x_1$  längs der Strecke  $x_1$  bis  $x_8$  allmählich abnimmt, jedoch außerhalb dieser Strecke sehr steil abfällt, und zwar links von  $x_1$  auf den Punkt  $x_9$  und rechts von  $x_8$  auf dem Punkt  $x_{10}$  auf der Abszissenachse. Dieser beiderseitige steile Abfall ist darauf zurückzuführen, daß sowohl oberhalb des pn-Übergangs 37 als auch unterhalb der Grenzfläche 49 wesentlich größere Dotierungskonzentrationen vorhanden sind, so daß die Raumladungszonen, die sich am pn-Übergang 37 ausbilden, in diese Bereiche nur wenig vordringen kann. Da  $x_{10}$  den unteren Rand dieser Raumladungszonen bezeichnet, läßt sich erkennen, daß es ausreicht, den pn-Übergang 40 zum p-Emitter 12 in einer Entfernung  $x_4$  von der Hauptfläche 19 vorzusehen. Damit sind aber die Schichtdicken der n-Basisschichten 5 und 46 gleich groß. In Abweichung hiervon kann die Schichtdicke der n-Basisschicht 46 je nach Vorgabe des Stromverstärkungsfaktors  $\alpha_{pnp}$  natürlich auch größer oder kleiner gewählt werden als die Schichtdicke der n-Basisschicht 5. Die Rückwärts-Sperrfähigkeit des mit der Stopzone 47 versehenen, also asymmetrischen Hilfsthystors 2 ist niedriger als die des in Fig. 1 dargestellten, symmetrischen Hilfsthystors. Sie kann aber durch

eine in gleichsinniger Polung in Serie geschaltete Halbleiterdiode 50, die z. B. in die Verbindungsleitung 17 eingefügt ist, wieder erhöht werden, so daß eine symmetrische Sperrfähigkeit gegeben ist.

Zur weiteren Erhöhung der Zündempfindlichkeit eines asymmetrischen Hilfsthystors 2 nach Fig. 3 kann die Dotierungskonzentration der Stopzone 47 am pn-Übergang 40 zum p-Emitter 12 so gewählt werden, daß sie kleiner ist als die Randkonzentration des p-Emitters 12 und sich um einen hinreichend großen Betrag von diesem unterscheidet. Je größer dieser Betrag ist, desto größer ist der Wirkungsgrad des p-Emitters 12, was eine Vergrößerung des Stromverstärkungsfaktors  $\alpha_{pnp}$  zur Folge hat.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind dadurch gekennzeichnet, daß die Leitungstypen der Halbleiterteile in den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen durch die jeweils entgegengesetzten ersetzt werden, wobei die zugeführten Spannungen durch solche entgegengesetzter Polarität zu ersetzen sind. Dabei sind auch die Anschlußbezeichnungen A und K miteinander zu vertauschen. Die ersten Hauptelektroden der Thyristoren 1 und 2 werden in diesem Fall von den anodenseitigen Elektroden gebildet, die zweiten Hauptelektroden von den kathodenseitigen Elektroden.

In Abweichung von den bisher beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung können die aus den Teilen 20 bis 22 bestehenden, zündempfindlichen Gatestrukturen und/oder die amplifying-gate-Strukturen 23, 24 und/oder 25, 26 auch entfallen, wenn man von kleineren  $di/dt$ -Belastungen der Thyristoren 1 und 2 ausgeht. Andererseits können auch mehrere gleichartig ausgebildete amplifying-gate-Strukturen 23, 24 lateral nebeneinander in die Basisschicht 10 und/oder mehrere gleichartig ausgebildete amplifying-gate-Strukturen 25, 26 lateral nebeneinander in die Basisschicht 4 eingefügt werden.

#### Patentansprüche

1. Halbleiterschalter mit einem Hauptthystor (1) und einem getrennten, lichtzündbaren Hilfsthystor (2), bei dem die erste Hauptelektrode (13) des Hilfsthystors (2) mit der Gateelektrode (15) des Hauptthystors (1) und die zweite Hauptelektrode (14) des Hilfsthystors (2) mit der entsprechenden Hauptelektrode (8) des Hauptthystors (1) verbunden ist, und bei dem eine lichtempfindliche Gatestruktur in den Hilfsthystor (2) integriert ist, bestehend aus einem in die erste Basisschicht (10) desselben eingefügten, zu dieser entgegengesetzt dotierten Halbleitergebiet (22) und aus einer das letztere randseitig überdeckenden, leitenden Belegung (21), die eine den lichtempfindlichen Bereich (42) definierende Ausnehmung (20) aufweist und in Richtung auf den mit der ersten Hauptelektrode (13) versehenen ersten Emitter (9) so weit verlängert ist, daß sie den pn-Übergang zwischen dem Halbleitergebiet (22) und der ersten Basisschicht (10) leitend überbrückt, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Basisschicht (11) des Hilfsthystors (2), die an den mit der zweiten Hauptelektrode (14) desselben versehenen Emitter (12) angrenzt, eine kleinere Dotierungskonzentration und eine größere Schichtdicke aufweist als die zweite Basisschicht (5) des Hauptthystors (1), die an den mit der zweiten Hauptelektrode (8) desselben versehenen Emitter (6) angrenzt, und daß die lateralen Abmessungen (22a) des Halbleitergebiets (22) so getroffen

sind, daß sie gegenüber denjenigen lateralen Abmessungen, die bei einander angeglichenen Dotierungskonzentrationen der zweiten Basisschichten (5, 11) von Haupt- und Hilfsthystor (1, 2) eine einheitliche  $dU/dt$ -Stabilität beider Thyristoren ergeben, um solche Beträge vergrößert sind, daß die infolge der angegebenen Unterschiedlichkeit der Dotierungskonzentrationen der zweiten Basisschichten (5, 11) hervorgerufene Erhöhung der  $dU/dt$ -Stabilität des Hilfsthystors (2) wieder entfällt.

2. Halbleiterschalter mit einem Hauptthystor (1) und einem getrennten, lichtzündbaren Hilfsthystor (2), bei dem die erste Hauptelektrode (13) des Hilfsthystors (2) mit der Gateelektrode (15) des Hauptthystors (1) und die zweite Hauptelektrode (14) des Hilfsthystors (2) mit der entsprechenden Hauptelektrode (8) des Hauptthystors (1) verbunden ist, und bei dem eine lichtempfindliche Gatestruktur in den Hilfsthystor (2) integriert ist, bestehend aus einem in die erste Basisschicht (10) desselben eingefügten, zu dieser entgegengesetzt dotierten Halbleitergebiet (22) und aus einer das letztere randseitig überdeckenden, leitenden Belegung (21), die eine den lichtempfindlichen Bereich (42) definierende Ausnehmung (20) aufweist und in Richtung auf den mit der ersten Hauptelektrode (13) versehenen ersten Emitter (9) so weit verlängert ist, daß sie den pn-Übergang zwischen dem Halbleitergebiet (22) und der ersten Basisschicht (10) leitend überbrückt, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Basisschicht (46) des Hilfsthystors (2), die an den mit der zweiten Hauptelektrode (14) desselben versehenen Emitter (12) angrenzt, eine kleinere Dotierungskonzentration aufweist als die zweite Basisschicht (5) des Hauptthystors (1), die an den mit der zweiten Hauptelektrode (8) desselben versehenen Emitter (6) angrenzt, daß in den Teil der zweiten Basisschicht (46) des Hilfsthystors (2), der an den genannten Emitter (12) unmittelbar angrenzt, eine Stopzone (47) eingefügt ist, deren Dotierungskonzentration höher ist als die des übrigen Teils der zweiten Basisschicht (46), und daß die lateralen Abmessungen (22a) des Halbleitergebiets (22) der lichtempfindlichen Gatestruktur so getroffen sind, daß sie gegenüber denjenigen lateralen Abmessungen, die bei einander angeglichenen Dotierungskonzentrationen der zweiten Basisschichten (5, 46) von Haupt- und Hilfsthystor (1, 2) eine einheitliche  $dU/dt$ -Stabilität beider Thyristoren ergeben, um solche Beträge vergrößert sind, daß die infolge der angegebenen Unterschiedlichkeit der Dotierungskonzentrationen der zweiten Basisschichten (5, 46) hervorgerufene Erhöhung der  $dU/dt$ -Stabilität des Hilfsthystors (2) wieder entfällt.

3. Halbleiterschalter nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Gateelektrode (15) und der ersten Hauptelektrode (7) des Hauptthystors (1) eine oder mehrere zur Zündstromverstärkung dienende amplifying-gate-Strukturen (25, 26) vorgesehen sind.

4. Halbleiterschalter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem lichtempfindlichen Bereich (42) und der Hauptelektrode (13) des Hilfsthystors (2) eine oder mehrere zur Zündstromverstärkung dienende amplifying-gate-Strukturen (23, 24) vorgesehen sind.

5. Halbleiterschalter nach einem der Ansprüche 1

bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerlebensdauer in der ersten und zweiten Basisschicht (4, 5) des Hauptthystors (1) niedriger gewählt ist als die Trägerlebensdauer in der ersten und zweiten Basisschicht (10, 11; 10, 46) des Hilfsthystors (2).

6. Halbleiterschalter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierungskonzentration der Stopzone (47) an dem pn-Übergang (40) zu dem mit der zweiten Hauptelektrode (14) versehenen Emitter (12) des Hilfsthystors (2) so gewählt ist, daß sie kleiner ist als die Dotierungsrandkonzentration des vorstehend genannten Emitters (12) und sich um einen hinreichend großen Betrag von dieser unterscheidet.

7. Halbleiterschalter nach Anspruch 2 oder 6, gekennzeichnet durch eine zum Hilfsthystor (2) in gleichsinniger Polung in Serie geschaltete Halbleiterdiode (50).

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

